

PENGUJIAN TURBIN AIR

*(Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan Program Sarjana Strata Satu (S1)
di Program Studi Teknik Mesin Universitas Pasundan Bandung)*

SKRIPSI

Oleh:

Restu Trika Malikul Mulqi
(133030010)



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2019**

SKRIPSI PENGESAHAN

PENGUJIAN TURBIN AIR



Nama : Restu Trika Malikul Mulqi

NPM : 133030010

Pembimbing I:

(Dr. Ir. Muki Satya Permana, M.T.)

Pembimbing II:

(Ir. Toto Supriyono, M.T.)

ABSTRAK

Turbin air adalah alat mekanik yang terdiri dari poros dan sudu-sudu. Prinsip kerja turbin air adalah memanfaatkan semaksimal mungkin energi potensial air yang dapat ditangkap oleh peralatan utamanya yaitu sudu turbin untuk diteruskan melalui poros yang digunakan untuk memutar generator. Untuk mengetahui performansi atau kemampuan dari turbin air ini, perlu dilakukan suatu pengujian. Tujuan penulisan penelitian ini adalah untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan perancangan. Pada pengujian turbin air ini mengacu pada data pengukuran yang diperoleh dari *survey* aliran air di Bendungan Sungai Cikatel, Kabupaten Sumedang dengan ketinggian *head* 3.5 m, debit air (Q) $0.0534 \text{ m}^3/\text{s}$, sudut sudu pengarah 36° dan 50° , diameter luar turbin 0.152 m, jumlah sudu 8 sudu. Rangkaian pengujian ini dilakukan dengan memanfaatkan instalasi di Laboratorium Uji Prestasi Mesin (UPM) Universitas Pasundan Bandung. Karena kapasitas ketinggian *head* yang tersedia hanya 2.3 m maka selanjutnya pengujian dilakukan dengan metode analisis dimensional, dimana metode ini akan mengorelasikan data hasil pengujian dengan perhitungan matematis dalam bentuk kurva.

Kata kunci: Turbin, pengujian dan analisis



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Skripsi ini yang berjudul **“PENGUJIAN TURBIN AIR”** dengan baik.

Laporan Penelitian ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan akademik Program Studi Teknik Mesin Universitas Pasundan Bandung. Walaupun demikian, penulis menyadari sepenuhnya akan kekurangan yang terdapat pada penulisan laporan hasil penelitian ini.

Meskipun banyak kendala dan rintangan dalam menyelesaikan laporan ini, tetapi berkat bantuan yang diperoleh penulis dari banyak pihak maka penulis dapat menyelesaikan laporan ini. Oleh karena itu dengan segala kerendahan hati, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Kedua orang tua, beserta seluruh keluarga terima kasih atas segala do'a dan kasih sayang yang telah diberikan kepada penulis, serta dorongan moril atau pun material sehingga dapat menyelesaikan laporan penelitian ini dengan baik.
2. Bapak Dr. Ir. H. Dedi Lazuardi, DEA selaku ketua program studi Teknik Mesin Universitas Pasundan.
3. Bapak Dr. Ir. Muki Satya Permana, M.T. selaku dosen pembimbing I dan Bapak Ir. Toto Supriyono, M.T. selaku pembimbing II penelitian penulis yang telah sabar membimbing penulis dan selalu memberikan masukan, baik tenaga, pikiran serta fasilitasnya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas penelitian ini dengan baik.
4. Dosen–dosen Teknik Mesin yang telah mendidik dan memberikan ilmu pengetahuannya kepada penulis selama kuliah.

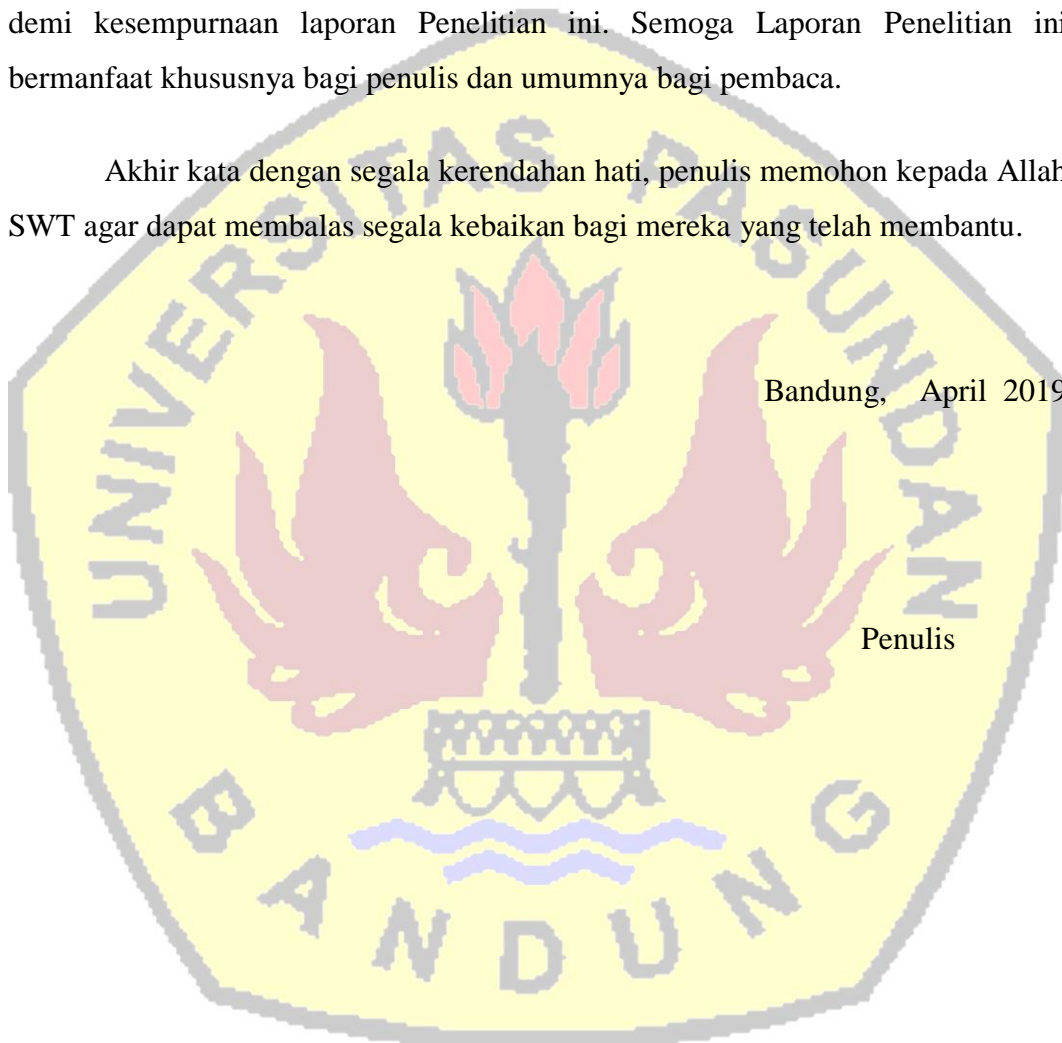
5. Seluruh rekan–rekan teknik mesin kelas reguler dan kelas non reguler (karyawan) yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu terima kasih atas dukungan, motivasi dan doanya.

Laporan Penelitian ini masih banyak kekurangan yang harus diperbaiki. Hal ini semata–mata keterbatasan penulis dalam menyusun laporan penelitian ini. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan laporan Penelitian ini. Semoga Laporan Penelitian ini bermanfaat khususnya bagi penulis dan umumnya bagi pembaca.

Akhir kata dengan segala kerendahan hati, penulis memohon kepada Allah SWT agar dapat membalas segala kebaikan bagi mereka yang telah membantu.

Bandung, April 2019

Penulis



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Metode Pengumpulan Data	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II DASAR TEORI.....	5
Pengertian Umum Turbin Air.....	5
Sejarah Turbin Air	8
Jenis Turbin Air	10
2.3.1 Berdasarkan Arah Aliran.....	10
2.3.2 Berdasarkan Putaran Spesifik (n_s).....	11
2.3.3 Berdasarkan Bentuk	11
2.4 Desain Sudu	14
2.5 Persamaan Dasar	21
2.5.1 Debit.....	21
2.5.2 Rapat Masa Dan Berat Jenis	21
2.5.3 Kekentalan (<i>viscosity</i>).....	22
2.5.4 Daya Turbin	24
2.5.5 <i>Weir Meter</i>	25
2.5.6 Efisiensi Turbin.....	26
2.5.7 <i>Manometer U</i>	27

2.5.8 Pengukuran Torsi	28
2.6 Analisis Dimensional.....	29
2.6.1 Pemilihan Variabel	30
2.6.2 Bilangan Tak Berdimensi	32
2.6.3 Jenis-Jenis Asas Kekerupaan.....	34
BAB III METODOLOGI	36
3.1 Diagram Alir.....	36
3.1.1 Studi Literatur.....	37
3.1.2 Identifikasi Masalah	37
3.1.3 Mempelajari Alat Turbin Air.....	37
3.1.4 Menyusun Perancangan Pengujian	39
3.1.5 Analisis Dimensional	44
BAB IV PENGUJIAN DAN PERHITUNGAN	47
4.1 Data Pengujian.....	47
4.2 Data Pada Pengujian turbin	47
4.2.1 Data Hasil Dari Pengujian Tanpa Beban Pengereman	47
4.2.2 Data Hasil Dari Pengujian Dengan Beban Pengereman	48
4.3 Perhitungan Turbin Air.....	50
4.4 Grafik Data Pengujian	52
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	59
5.1 Kesimpulan.....	59
5.2 Saran	60
DAFTAR PUSTAKA	ix
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Instalasi Turbin Air	2
Gambar 2.1 Grafik Net Head (m) dan Flow (m^3/s)	7
Gambar 2.2 Jarum Katup Dan Tekanan Tinggi Pada <i>Nozzel</i>	12
Gambar 2.3 Turbin Pelton	13
Gambar 2.4 Instalasi Turbin Pelton Dalam Bentuk Gambar 2D	14
Gambar 2.5 Turbin Banki/ <i>Cross-Flow</i> dalam Bentuk Gambar 3D	15
Gambar 2.6 Inlet Horizontal dan Vertikal Pada <i>Cross-Flow</i>	17
Gambar 2.7 Konstruksi Turbin Turgo	17
Gambar 2.8 Konstruksi Turbin Francis	18
Gambar 2.9 Sistem Kerja Turbin Francis	19
Gambar 2.10 Konstruksi Turbin Kaplan/ <i>Propeller</i>	20
Gambar 2.11 Alat Ukur <i>Weir Meter</i>	25
Gambar 2.12 Ilustrasi Manometer Kolom Cair	27
Gambar 2.13 Ilustrasi Skema Uji Torsi	28
Gambar 3.1 Diagram Alir Pengujian Turbin Air	36
Gambar 3.2 Bentuk Dari Turbin Air Yang Akan Di Uji	38
Gambar 3.3 Instalasi Turbin Air	39
Gambar 3.4 <i>Tachometer Digital</i>	40
Gambar 3.5 <i>Dynamometer</i>	40
Gambar 3.6 <i>Manometer U</i>	41
Gambar 3.7 <i>Weir meter</i>	42
Gambar 3.8 Katup Debit	42
Gambar 3.9 Penggaris	49
Gambar 4.1 Grafik Data Pengujian head vs putaran Tanpa Pembebanan	52
Gambar 4.2 Grafik Data Pengujian Head Vs Power Dengan Pembebanan	53
Gambar 4.3 Grafik Data Analisis Dimensional	56

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Jenis-jenis Turbin Menurut Kontruksinya	6
Tabel 2.2 Klasifikasi Turbin Berdasarkan Putaran Spesifik (n_s)	11
Tabel 2.3 Satuan Dimensi	30
Tabel 4.1 Data Pengujian Tanpa Beban Pengereman	47
Tabel 4.2 Data Sampel Dari Pengujian Dengan Beban Pengereman.....	48
Tabel 4.2 Data Hasil Pengujian Dengan Beban Pengereman	49
Tabel 4.3 Data Hasil Perhitungan Dengan Beban Pengereman.....	51
Tabel 4.4 Data Pada Putaran 400 (Rpm).....	54
Tabel 4.5 Data Pada Putaran 500 (Rpm).....	54
Tabel 4.6 Data Pada Putaran 600 (Rpm).....	54
Tabel 4.7 Data Pada Putaran 700 (Rpm).....	54
Tabel 4.8 Data Pada Putaran 800 (Rpm).....	55
Tabel 4.9 Data Pada Putaran 900 (Rpm).....	55
Tabel 4.10 Data Pada Putaran 1100 (Rpm).....	55
Tabel 4.11 Data Pada Putaran 1200 (Rpm).....	55
Tabel 4.12 Data Pada Putaran 1250 (Rpm).....	56
Tabel 4.13 Data Pada Putaran 1300 (Rpm).....	56

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini banyak alternatif pengganti sumber daya dari fosil sebagai sumber energi untuk pembangkit listrik, selain menjaga sumber daya alam juga lebih ramah lingkungan. Contoh energi alternatif pengganti sumber daya dari fosil diantaranya yaitu matahari, air, udara dan lain-lain. Sumber energi pembangkit listrik seperti air, udara, dan matahari merupakan sumber energi pembangkit listrik yang tidak akan pernah habis.

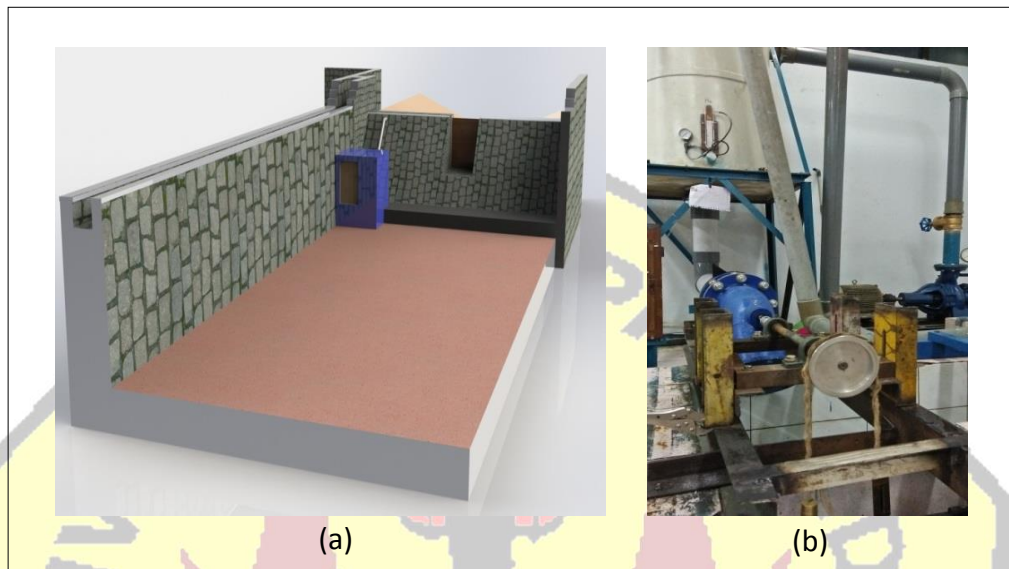
Untuk itu pada penulisan laporan penelitian ini dipilih sumber energi dari potensial air yang merupakan salah satu sumber pembangkit listrik yang banyak digunakan saat ini. Dengan cara mengubah gerak laju aliran air menjadi gerak mekanik dengan bantuan turbin dan dari energi mekanik menjadi listrik dengan bantuan generator.

Untuk mengetahui performansi atau kemampuan dari turbin air ini, perlu dilakukan suatu pengujian. Rangkaian pengujian yang dilakukan meliputi pengujian torsi yang akan dihasilkan turbin air, daya yang akan dihasilkan turbin air, dan termasuk efisiensi dari turbin air. Oleh karena itu, untuk penyelesaian laporan penelitian ini penulis memilih tema penelitian tentang **“Pengujian Turbin Air”**.

Turbin air ini telah dirancang dengan mengacu pada data pengukuran yang diperoleh dari *survey* aliran air di Bendungan Sungai Cikatel, Kabupaten Sumedang dengan ketinggian *head* 3.5 m, debit air (Q) $0.0534 \text{ m}^3/\text{s}$, sudut sudu pengarah 36° dan 50° , diameter luar turbin 0.150 m, jumlah sudu 8 sudu.

Pengujian ini direncanakan akan dilakukan di Bendungan Sungai Cikatel, Kabupaten Sumedang. Namun karena keterbatasan biaya dan peralatan, maka rangkaian pengujian ini dilakukan dengan memanfaatkan instalasi di Laboratorium Uji Prestasi Mesin (UPM) Universitas Pasundan Bandung, akan tetapi kapasitas ketinggian *head* yang tersedia hanya 2.3 (m). Untuk mengetahui hasil pengujian yang sesuai dengan parameter perancangan, selanjutnya pengujian

dilakukan dengan metode analisis dimensional, di mana metode ini akan mengorelasikan data hasil pengujian dengan perhitungan matematis dalam bentuk kurva.



Gambar 1.1 (a) Rencana instalasi turbin air di Bendungan Sungai Cikatel, Kabupaten Sumedang (b) Instalasi turbin air di laboratorium Uji Prestasi Mesin (UPM)

1.2 Rumusan Masalah

Mengacu pada latar belakang yang dijelaskan di atas, maka beberapa masalah yang akan dipaparkan pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana membuat *setup* percobaan alat turbin air?
2. Dalam proses pengujian turbin air ini variabel apa saja yang diukur:
 - Bagaimana Mengetahui Gaya Pada Poros (F)
 - Bagaimana Mengetahui Beban Torsi (T)
 - Bagaimana Mengetahui Daya Keluaran Turbin (N_p)
 - Bagaimana Mengetahui Debit Yang Dihasilkan (Q)

1.3 Tujuan

Ada pun yang menjadi tujuan dari penulisan laporan penelitian ini adalah:

1. Membuat *setup* percobaan untuk alat turbin air.
2. Melakukan pengujian pada alat turbin air.
3. Pengolahan data dan analisis.

1.4 Batasan Masalah

Agar memudahkan dalam pembuatan laporan penelitian ini, penulis membatasi masalah yaitu menentukan perhitungan performansi teoritis, antara lain:

- 1 Rencana pemasangan turbin air berada di bendungan
- 2 Debit = $0,0534 \text{ m}^3/\text{s}$
- 3 *Head* hasil pengukuran saat survei 3,5 m
- 4 Putaran maksimum 1500 rpm
- 5 Jenis turbin yang dipakai Kaplan/*Propeller*

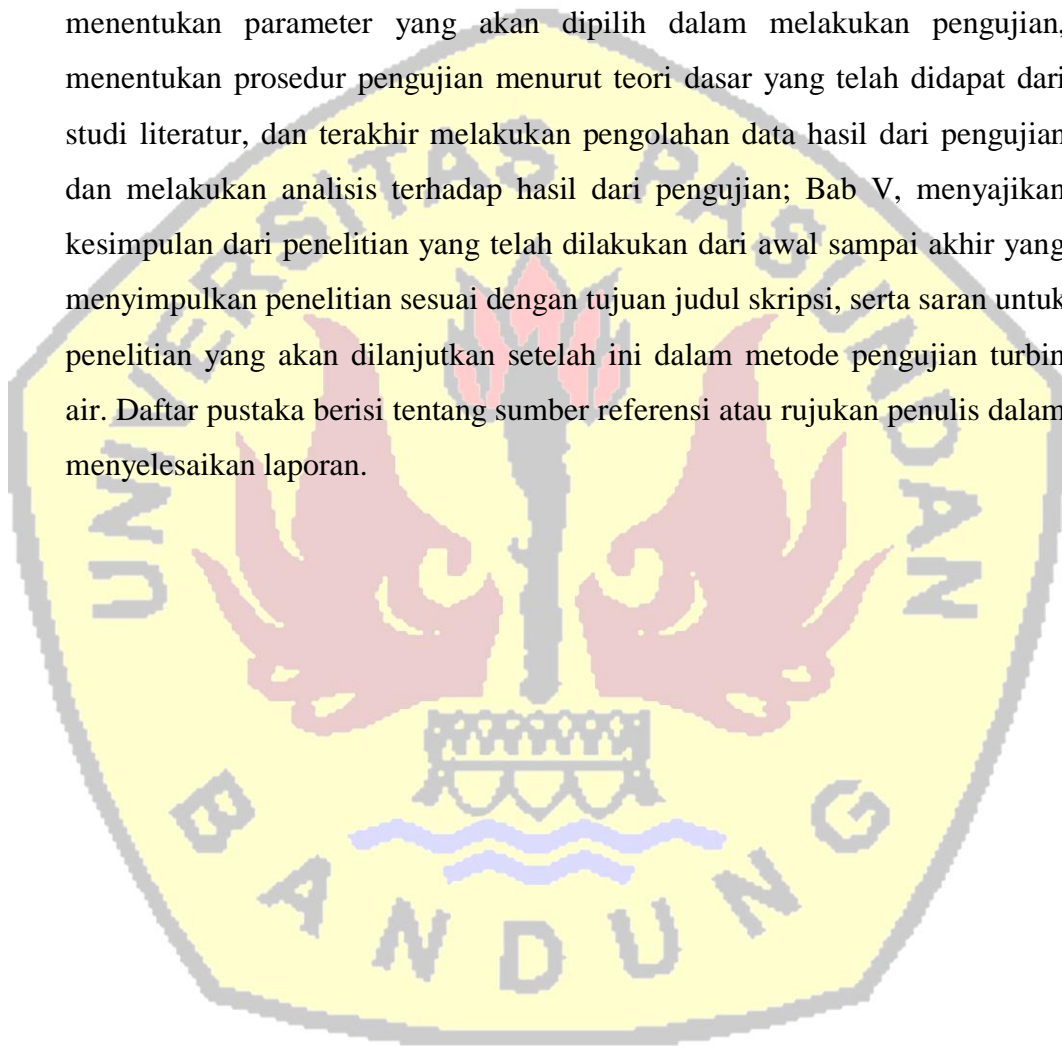
1.5 Metode Pengumpulan Data

Dalam perancangan turbin air ini, pengambilan data dan informasi diperoleh melalui kepustakaan yaitu dari buku-buku referensi yang berhubungan dengan turbin air dan berdasarkan teori yang diterapkan selama perkuliahan, serta melakukan serangkaian pengujian dengan metode yang diperoleh dari studi literatur.

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam penulisan laporan ini, penulis membagi dalam beberapa sub bab untuk mempermudah penulis dan pembaca. Secara garis besar gambaran dari laporan ini adalah sebagai berikut: Bab I, menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, metode pengumpulan data dan sistematika penulisan penelitian yang akan dilakukan saat penyusunan laporan skripsi; Bab II, terdapat penjelasan teori yang berupa pengertian dan definisi yang diambil dari kutipan buku yang berkaitan dengan penyusunan

laporan skripsi serta beberapa *literature review* yang berhubungan dengan pengujian turbin air; Bab III, terdapat penjelasan mengenai langkah-langkah dalam pengerjaan skripsi, mulai dari langkah awal pengambilan data survei di lapangan dan melakukan pengujian terhadap alat yang telah tersedia, sampai dengan pengolahan data yang telah didapat dari hasil pengujian pada penelitian skripsi tersebut; Bab IV, menjelaskan tentang bagaimana menentukan parameter yang akan dipilih dalam melakukan pengujian, menentukan prosedur pengujian menurut teori dasar yang telah didapat dari studi literatur, dan terakhir melakukan pengolahan data hasil dari pengujian dan melakukan analisis terhadap hasil dari pengujian; Bab V, menyajikan kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan dari awal sampai akhir yang menyimpulkan penelitian sesuai dengan tujuan judul skripsi, serta saran untuk penelitian yang akan dilanjutkan setelah ini dalam metode pengujian turbin air. Daftar pustaka berisi tentang sumber referensi atau rujukan penulis dalam menyelesaikan laporan.



DAFTAR PUSTAKA

W. Arismunandar, Penggerak Mula TURBIN, Bandung: ITB, 1997.

Y. Sumargi, "Modifikasi Dinamometer Daya Uji Prestasi Turbin Aksial Laboratorium UPM Teknik Mesin Universitas Pasundan," Universitas Pasundan, Bandung, 2016.

E. Achdi, "Uji Prestasi Mesin," in *Modul Praktikum*, Bandung, Teknik Mesin UNPAS, 2015, pp. 23-36.

Ir. Toto Supriyono, Mekanika Fluida Dasar 2014 rev 01

Wibowo Paryatmo, TURBIN AIR, Graha Ilmu, Jakarta. 2007

Hunggul Y.S.H. Nugroho dan M. Kudeng Sallata, Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH), Yogyakarta. 2015

Adam Harve, "Microhydro Desigen Manual", 1993

Pustaka Situs:

"Artikel Teknologi,". Available: <http://artikel-teknologi.com/prinsip-kerja-generator-dc/>. [Accessed 13 12 2018].

M. Abdulloh, "Dasar Konversi energi," 04 Agustus 2009. Available: <https://mulyonoabdullah.wordpress.com/category/modul-mesin-listrik/>. [Accessed 25-11- 2018].

A. M. Hanafiah, "Makalah generator DC," 5 Agustus 2013. Available: <https://electrozone94.blogspot.com/2013/08/generator-dc.html>. [Accessed 23 11 2018].

IPB, "Energi dan Listrik Pertanian,". Available: <http://web.ipb.ac.id>. [Accessed 18 September 2018].

S. Fitra, "80 Persen Sumber Daya Air Indonesia Belum Termanfaatkan," Katadata.co.id, 18 Mei 2017. Available: <https://www.katadata.co.id>. [Accessed 18 September 2018].

